

식도 괄약근의 해부와 생리

중앙대학교 의과대학 이비인후과학교실

양 훈 식

Anatomy and Physiology of Esophageal Sphincter

Hoon Shik Yang, M.D.

Department of Otolaryngology, College of Medicine,
Chungang University, Seoul, Korea

I. 머리말(introduction)

식도는 음식물을 인두에서 위로 전달(coordinated pathway)하고 위장에서 역류한 물질을 내려보내며(clearance of reflux material), 기관내 흡입과 위산의 역류를 방지하는 역할을(prevention of tracheobronchial aspiration & acid reflux)을 하는 기관이다^{10,16)}. 이러한 기능을 가진 식도는 주변에 있는 구인두, 위장과 함께 중추신경계, 심장, 폐들의 조절기전들과도 밀접한 관련을 갖고 있어 식도 기능에 많은 영향을 미친다⁵⁾.

정상적인 연하는 저작기, 구강기, 인두기 그리고 식도기의 4단계로 구분할 수 있다. 구강에서 잘게 부수어진 음식물은 짧은 호흡의 멈춤 사이에 구강, 인두, 후두의 근육신경계와의 일련의 빠른 협동으로 식도를 향해 내려간다¹⁰⁾. 설근에서 인두로 내려오는 음식물은 40-50cm/sec의 속도로 식도 입구부를 향한다³⁾. 식도에서의 연하는 입구부가 열림으로 부터 시작하여 연동수축이 일어나고 하부괄약근의 이완으로 음식물이 통과한 다음에는 다시 닫힘으로서 완성된다.

기능적으로는 상부식도괄약근, 식도본체 그리고 하부괄약근의 세 부분으로 구분한다⁵⁾. 그러나 식

도 생리는 조절기전과 기능에 관련된 구성요소가 너무 복잡적으로 작용하고 인체를 대신할 만한 마땅한 실험모델도 아직 없어 명확히 이해되지 않은 부분도 있다¹⁰⁾. 저자는 위식도역류와 관련된 식도의 해부와 생리중에서도 특히 식도괄약근에 대해 좀더 자세히 다음과 같이 기술하고자 한다.

II. 전반적으로 살펴본 식도의 해부(general concepts of esophagus)

1. 태생학(embryology)

태생 3주에 전장(前腸, foregut)의 측벽에서는 기관분기부에서 상부를 향하는 방향으로 식도와 기관의 분리가 시작되어 5-6주에는 완전히 분리된다. 식도의 상피는 처음은 중층섬모상피이지만 5개월 부터는 중층편평상피가 식도하부에서 나타나기 시작하여 점차 위를 향하여 대체된다. 근육의 출현은 환상근(circular m.)이 태생 6주에, 종축근(longitudinal m.)은 태생 9 주에 보이기 시작한다. 처음에는 식도 전체가 평활근(smooth m.)으로 구성되어 있지만 점차적으로 상부의 1/3에서 횡문근(striated m.)이 나타나기 시작하여 태생 5개월 쯤에는 정상 비율의 배열을 하게 된다.

2. 식도의 위치(location of esophagus)

평균 길이는 신생아에서 약 10-11cm⁶⁾이고 성인에서는 23-25cm(여성 23cm, 남성 25cm)^{1,2)}이고 기관의 뒤에 위치하여 경부척추의 5, 6번째에 해당하는 윤상연골의 하연에서 시작하여 11번째 흉부척추의 위치에서 위의 분문구(cardiac orifice)와 연결된다. 복강 내에서의 길이는 1.25cm²⁾, (일부 의견은 2-4cm¹⁾)이고 간장의 좌엽의 후면에 위치한 식도함요부(esophageal groove)에 위치한다.

3. 조직학(Histology of Esophagus) :

점막층, 점막하층, 근육층, 섬유외층으로 되어 있다. (1) 점막층은 비각화성 중층평편상피, 점막고유층, 점막근육층으로 세분될 수 있고 특히 점막근육층은 평활근 다발로 이루어져있고 인두에 있는 윤상연골에서 시작되어 하부로 내려갈수록 점차 두꺼워져 있다. 특히 위식도 접합부위에서는 위의 점막근육층보다 두껍다. (2) 점막하층은 영성한 결체조직으로서 혈관, 점막하신경총(Meissner's plexus), 림프관, 점액선들을 함유하고 있다. (3) 근육층은 외층의 중축근과 내층의 환상근으로 되어있고 이 사이에 근신경총(Auerbach' plexus)이 있다. (4) 근육의 외층에는 결체조직으로 구성된 막으로만 되어

있어 식도주위에 장막은 없지만 흉곽내의 하부의 극히 일부분과 복강 내에서는 일부 흉막과 복막에서 유래한 장막으로 싸여있다⁴⁾(Fig. 1).

4. 근육의 구성 (composition of muscle)

상부의 5%(4.1-5.6%)는 횡문근으로 구성되어 있고 하부의 50%(54-62%)는 평활근으로만 구성되어 있다. 중간부위인 나머지는 두 가지 근육이 혼재하여 있는데 횡문근과 평활근의 비율이 50/50이 되는 곳은 윤상인두근의 상부에서 약 5cm(4.7±0.6cm)⁵⁾의 위치이며 근육의 구성이 바뀌는 때문으로 생각되어지는, 생리적으로는 압력이 가장 낮게 유지되는 부위이다(physiologic low pressure zone)(Fig. 2).

5. 혈관공급(blood supply)^{2,4)} :

식도상부는 갑상경동맥총에서 유래하는 하갑상동맥과 일부는 늑골간 동맥의 혈관지배를 받고 흉곽 내에서는 하행흉대동맥이나 기관지동맥에서, 그리고 하부는 복강동맥의 좌위동맥이나 복대동맥의 좌하횡격막동맥으로부터 혈관을 받는다. 정맥은 하갑상정맥, 기정맥, 반기정맥, 위정맥들이 있고 간문맥과 중요한 결합을 이룬다.

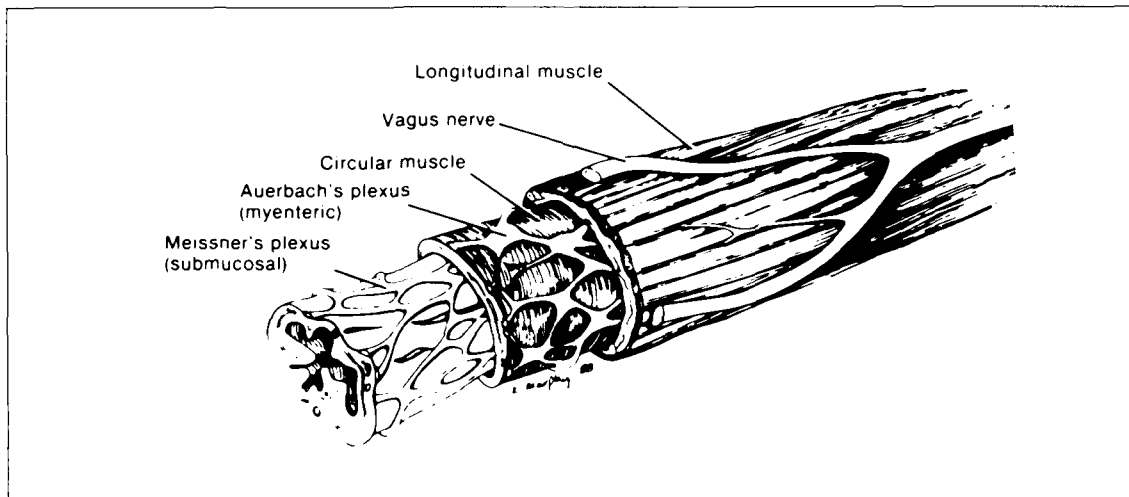


Fig 1. Illustration of the esophageal muscular layers and intrinsic nervous plexuses. Note that there is no serosa and that the lumen is closed and empty. In fact, the activity of both esophageal sphincters acts to preserve the emptiness of the esophagus: the upper esophageal sphincter acts to exclude air during respiration and the lower esophageal sphincter excludes gastric contents from refluxing into the esophagus.

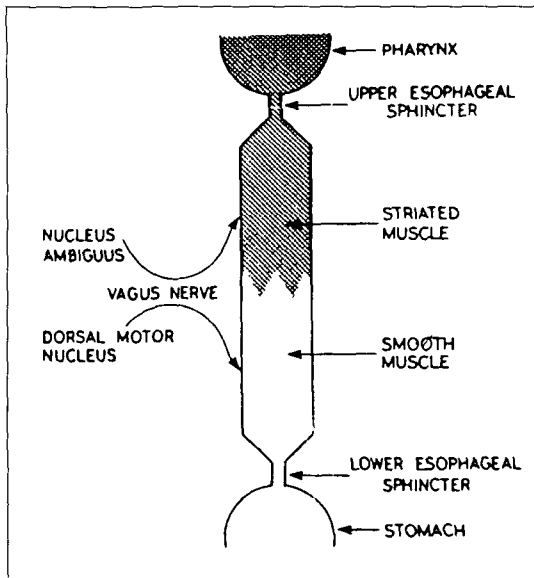


Fig. 2. Muscle composition of the esophagus and its vagal innervation.

6. 신경지배(nerve supply)

구심성 및 원심성 섬유를 갖고 있는 교감신경과 부교감신경으로부터 모두 지배를 받아 혈관, 점액선, 근육 등에 분포되어 있다. 미주신경은 부교감신경과 일부의 교감신경을 갖고 있으며, 교감신경은 경부척추 및 척추인접에서 유래되는 신경으로서 혈관구조물들과 함께 나란히 분포한다(extrinsic innervation system). 근육 중에서 횡문근에는 미주신경만이 관여하고 평활근에는 미주신경 및 교감신경이 관여한다⁴⁾. 점막하층(Meissner's plexus)과 근층사이(Auerbach's plexus)에는 신경절세포(ganglion cell)로 구성된 내인성 신경지배계(intrinsic innervation system)가 있다. 신경절에는 3종류의 세포형태가 있는데 제 1형신경세포(type 1 neuron)는 다극형이고 Auerbach's plexus에 국한되어 있다. 제 2형 신경세포(type 2 neuron)는 제 1형 세포보다 수가 훨씬 많아 Auerbach's plexus 및 Meissner's plexus 모두에 있고 다극형으로서 분비를 자극하는 역할과 함께 점막하근육층과 근육층에 분포한다. Cajal 간질세포(interstitial cell of Cajal)는 교감신경의 말단세포망에 함께 존재한다. 신경전달물질은 추후에 논의한다.

III. 해부 및 생리학적 관점에서의 식도 (anatomy & physiologic concepts of esophagus)

식도는 부분적으로 CNS와 local & myogenic mechanism으로 조절되고 있으며 근육신경해부(neuromuscular anatomy)가 부위에 따라 각기 다르므로 조절기전도 다르다⁴⁾.

생리와 기능적인 면에서 상부식도괄약근 부위(UES zone), 상부 및 하부의 식도본체(upper & lower esophageal body), 그리고 하부식도괄약근 부위(LES zone)로 구분할 수 있으며, 해부학적 구조와 생리적인 조절은 서로 다르므로 충분한 이해를 필요로 한다¹⁶⁾.

1. 상부식도괄약근 (upper esophageal sphincter), UES zone

1) 해부학적 위치와 근육의 구성

식도는 내측의 환상근, 외측의 종주근으로 이루어져 있지만 입구의 상부는 윤상인두근과 하인두수축근으로 둘러싸여있고 이 근육은 식도근육에도 근섬유를 보낸다. 횡문근이나 골격근으로 표현할 수 있는 윤상인두근과 하인두근의 횡으로 달리는 수평근들이 상부식도괄약근(UES)을 구성하며 계측검사(manometry)상 압력이 상승된 부위는 평균 3cm(2-4.5cm)에 해당한다. 외측의 종주근은 윤상연골에서 두개의 band로 시작하여 경부의 뒤쪽에서 불완전하게 교차하여 내측의 환상층(circular layer)을 노출시키는 V자형태의 area of Laimer를 만들어 인두식도계실(Zenker's diverticulum)을 형성하기도 한다. 상부에서는 환상근층이 종주근층보다 얇지만 하부에서는 반대로 환상근층이 두꺼워진다. 횡문근은 반회후두신경의 지배를 받는다.

2) UES zone

UES에 높은 압력이 유지되는 이유는 윤상인두근의 지속적인 수축(tonic muscle contraction) 이외에도 수동적인 인자로서 윤상인두근의 좌우부동(asymmetry)과 주변의 연골 및 골 구조물에 의한 경부조직의 탄력성(elastic tone)이 있기 때문이다¹⁶⁾. 그러므로 윤상인두근의 신경이 차단되어 연동

운동이 소실되더라도 어느 정도의 압력은 존재한다⁸⁾. 또한 괄약근이 열리는 때에는 윤상인두근의 이완과 동시에 설골하근(infrahyoid m.)들의 수축을 같이 필요로 한다⁸⁾.

3) 신경지배

미주신경 이외에도 설인신경과 척수부신경의 지배를 받는다¹⁵⁾.

4) 기능

호흡의 흡기에 공기의 유입을 차단함으로써 식도의 부풀림을 막고, 인두식도역류를 방지하는 중요한 역할을 한다^{8,16)}.

5) 생리조절기전

tonic vagal motor unit activity에 의해 항상 수축긴장 되어있는 상태이고 연하가 시작되면 뇌간에 있는 연하중추의 명령으로 motor unit activity가 감소하며 괄약근의 일시적인 이완이 일어나 음식물이 통과하게 되며 통과 후에는 다시 긴장을 유지하는데⁷⁾ 이에 필요한 전체 시간은 1초가 채

걸리지 않는다¹³⁾.

실험적 연구에서 괄약근의 평균압력은 깨어있을 때 $40 \pm 17 \text{mmHg}$, 제 1기 수면시 $20 \pm 17 \text{mmHg}$, 깊은 수면시 $8 \pm 3 \text{mmHg}$ 를 보였다는 보고도 있다⁸⁾. 수면 중에는 중추신경계로 가는 구심성 긴장(afferent tone)이 최고 $\frac{1}{2}$ 까지 감소한다.

2. 상부와 하부식도 본체 (proximal & distal esophageal body)

1) 해부학적 위치와 근육의 구성

식도 본체의 횡문근은 윤상인두근의 하부에서 시작하고 이중 일부는 UES의 구성에 관여한다. 일반적으로 종주근이 환상근보다 아래까지 내려와있고 환상근은 하부로 갈수록 두꺼워지며 종주근보다 상부로 연장되어있다⁵⁾.

2) 신경지배

미주신경에서 나오는 부교감신경섬유가 두 가지 경로를 통해 분포한다¹⁾. 첫째는 식도의 상부 $\frac{1}{3}$ 에 있는 횡문근은 반회후두신경의 직접적으로 연결로 지배된다. 둘째로 하부의 $\frac{2}{3}$ 는 미주신경에서 나오

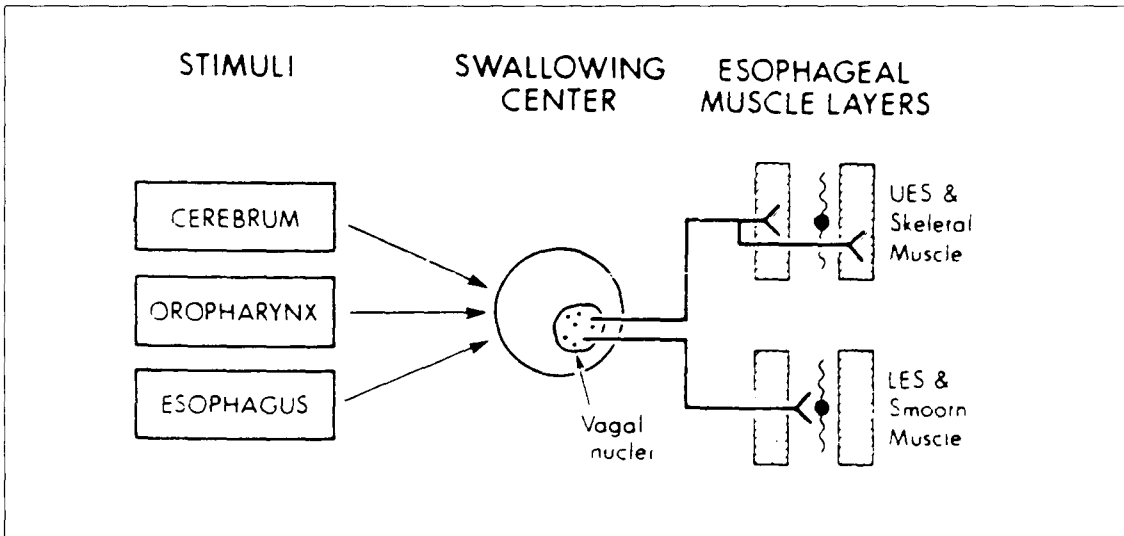


Fig 3. Schematic diagram of esophageal innervation. Various stimuli can trigger esophageal peristalsis by interacting with the nuclei(nucleus ambiguus and dorsal motor nucleus) innervate the proximal and distal parts of the esophagus in different way. The skeletal muscle cells of the proximal esophagus are individually and directly innervated by fibers of the vagus nerves. In the smooth muscle of esophagus, vagal fibers synapse with myenteric ganglia that are located in a plexus between the circular and longitudinal muscle layers.

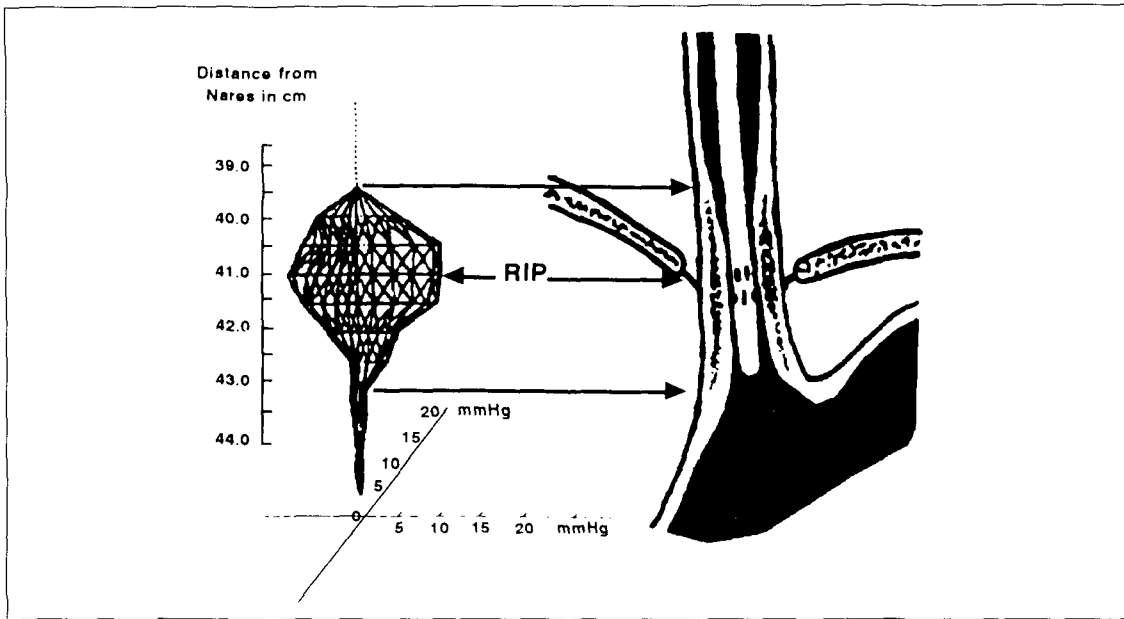


Fig 4. Computerized three-dimensional imaging of lower esophageal sphincter. A catheter with four to eight radial side holes is withdrawn through the gastroesophageal junction.

는 식도신경총에 의해 지배된다. 후신경절섬유는 평활근에 분포하여 접막하 및 근육간 신경총을 구성한다. 후신경절교감신경섬유는 부교감신경섬유와 함께 식도신경총을 구성한다(Fig. 3).

3) 생 리

정상시에는 대기압보다 낮은 상태를 유지하는 식도 내에¹¹⁾ 인두식도괄약근의 이완으로 음식물이 들어오면 횡문근과 평활근의 일련의 연동운동이 일어난다. 식도 본체의 점진적인 수축과 하방수축을 유발하는 자극은 인두에서 시작되는 수의적인 연하로 유래되는 일차연동(primary peristalsis)과 식도 팽창과 식도내 pH의 감소¹³⁾에 의한 이차연동(secondary peristalsis)이다¹⁶⁾. 일차연동이 식도 전장을 통과하는 데에는 8-12초가 걸리며 이차연동도

위에까지 진행하지만 3차 연동(tertiary peristalsis)이 국소적으로 일어나도 증폭되지는 않는다¹¹⁾ (Table 1).

3. 하부식도괄약근(LES), LES zone

1) 해부학적 위치와 근육의 구성

UES나 Esophageal body와는 달리 해부학적 위치를 명확히 하기 어려운 부위이다. 계측검사서 평소에 압력이 최저 10mmHg, 평균 20mmHg(10-26 mmHg)으로 증가되어 있으며 길이가 2-4cm로 알려진 부위이다¹⁶⁾(Fig. 4). 식도하부괄약근의 근육은 특수한 목적에 적합하도록 된 식도의 평활근과 대각선 방향으로 주행하는 위의 평활근으로 구성되어 있는 것으로 보인다.

육안 해부학적으로 본 괄약근 : 식도와 위가 만

Table 1. Organized contraction of esophagus

site	contraction	proposed purpose	Interdigestive Frequency
esophagus	primary wave	deliver food to stomach	quiet
	secondary wave	house keeping of esophagus	irregular
	tertiary wave	house keeping of esophagus	irregular

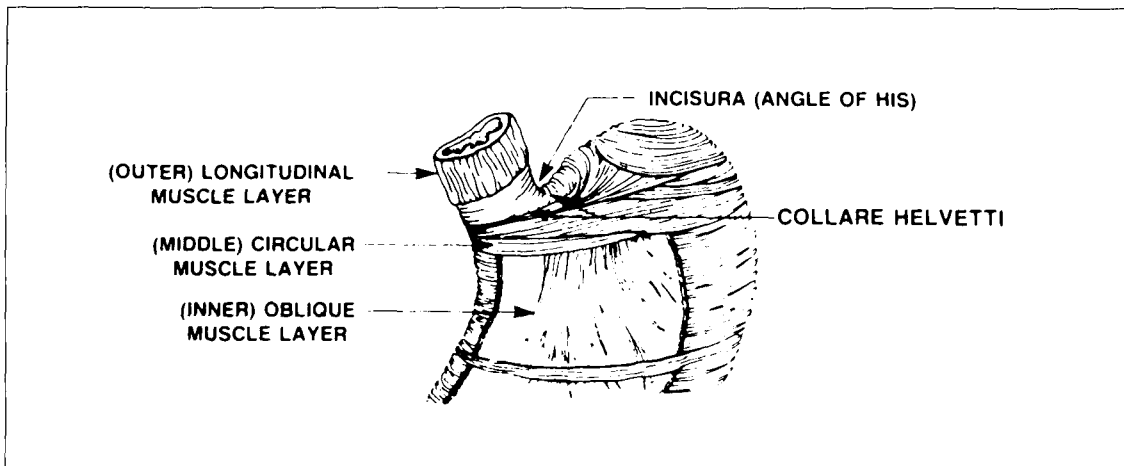


Fig 5. Arrangement of the esophageal and gastric muscularis propria at the GE junction.

나는 부위(GE junction)에서 분명하게 근육이 두꺼운 부위가 있으며 우하방에서 좌상방으로 사선으로 주행하는 부위가 보인다⁴⁾. 이 부위의 우측은 완만한 반면 좌측은 급격히 각을 이루어 incisura 나 Angle of His 를 만든다.

조직학적으로 본 괄약근 : 식도의 종주근과 위의 종주근은 GE junction에서 만나지만 환상근은 더욱 하부로 연장되어 위의 분문부에서 중환상층과 내사경층을 형성하여 괄약기능을 갖는다고 여겨지는 근육륜(collare Helvetti)을 형성한다(Fig. 5).

그 외에도 주변의 구조물로서 횡경막과 식도가 만나는 부위에는 인대(phrenoesophageal ligament)가 있어 흉곽내외 복강내압의 차이를 유지하여 하부괄약근의 기능을 보조하는 것으로 여겨진다⁴⁾.

2) LES zone, Gastroesophageal region

위식도부위는 식도에서 가장 중요한 복합적인

부위라 할 수 있으며 여기에는 LES, GE Junction, 그리고 때때로 확인할 수 있는 하부식도륜(lower esophageal ring)이 있다.

(a) 하부식도괄약근(Lower esophageal sphincter)

계측검사로 가장 잘 증명될 수 있는 부위이고 2-4cm의 길이로서 식도나 위의 내압보다 높게 유지되는 곳이다. 평소에는 20mmHg(10-26mmHg)이다. 생리적으로는 분명히 높은 압력부위가 존재하며 근육의 구성은 앞에서 설명한 바와 같다(Fig. 6), (Table 2).

(b) 식도위접합부위(GE Junction)

식도위접합부위(GE junction)는 LES와는 달리 해부학적, 생리적 그리고 현미경적 관찰로 증명할 수 있는 부위로서 muscular GEJ과 mucosal GEJ으로 나누어 생각할 수 있다.

① 근육위식도접합부위(muscular GEJ) : 계측검

Table 2. Typical Manometric Pressure(mmHg)

	MEAN	RANGE
Resting UES Pressure		
Posterior axis	101	60-142
Anterior axis	84	55-123
Lateral axis	48	30-65
Resting LES Pressure		10-26
Esophageal Contraction Amplitude Distal esophagus		50-110

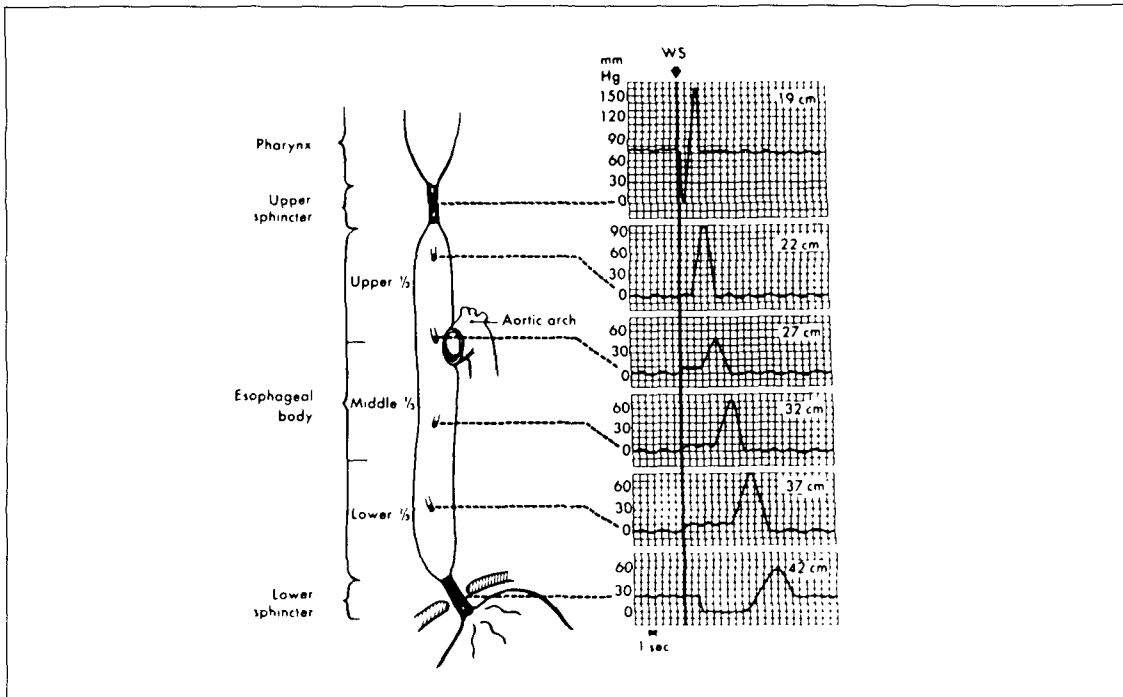


Fig. 6. Manometric pressure changes with a swallow of an 8cc bolus (WS). Distance (cm) from nares is shown on tracings. Proximal and distal tracings are from the upper (UES) and lower (LES) esophageal sphincters respectively. Immediately after a swallow, UES pressure falls transiently. Shortly thereafter, LES pressure falls and remains low until the peristaltic contraction passing aborally through the UES and then esophageal body, closes the LES.

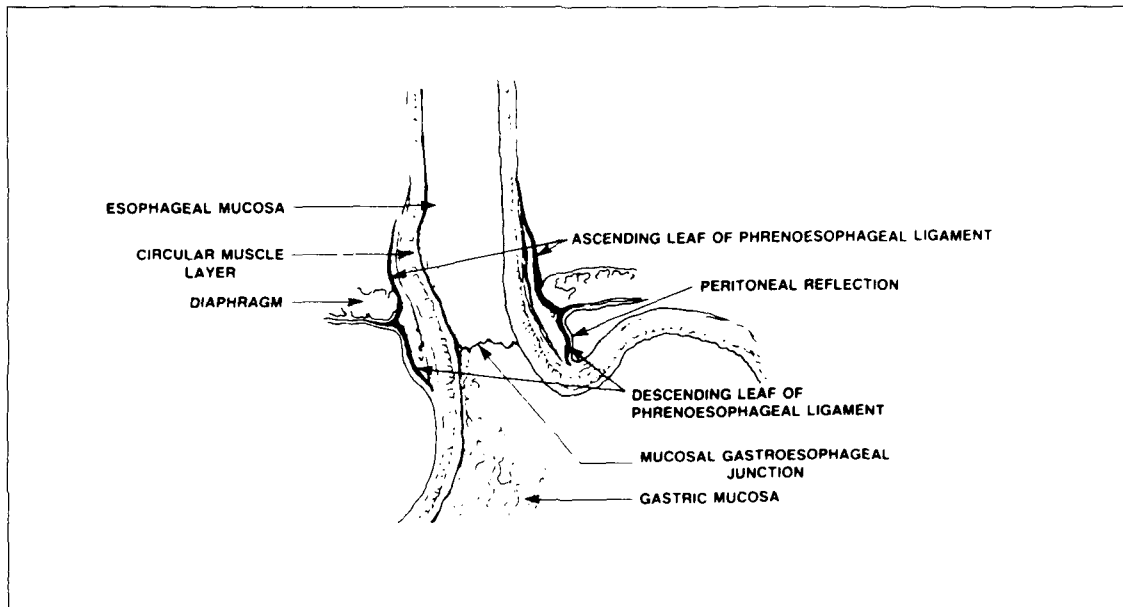


Fig. 7. Anatomy of the gastroesophageal region.

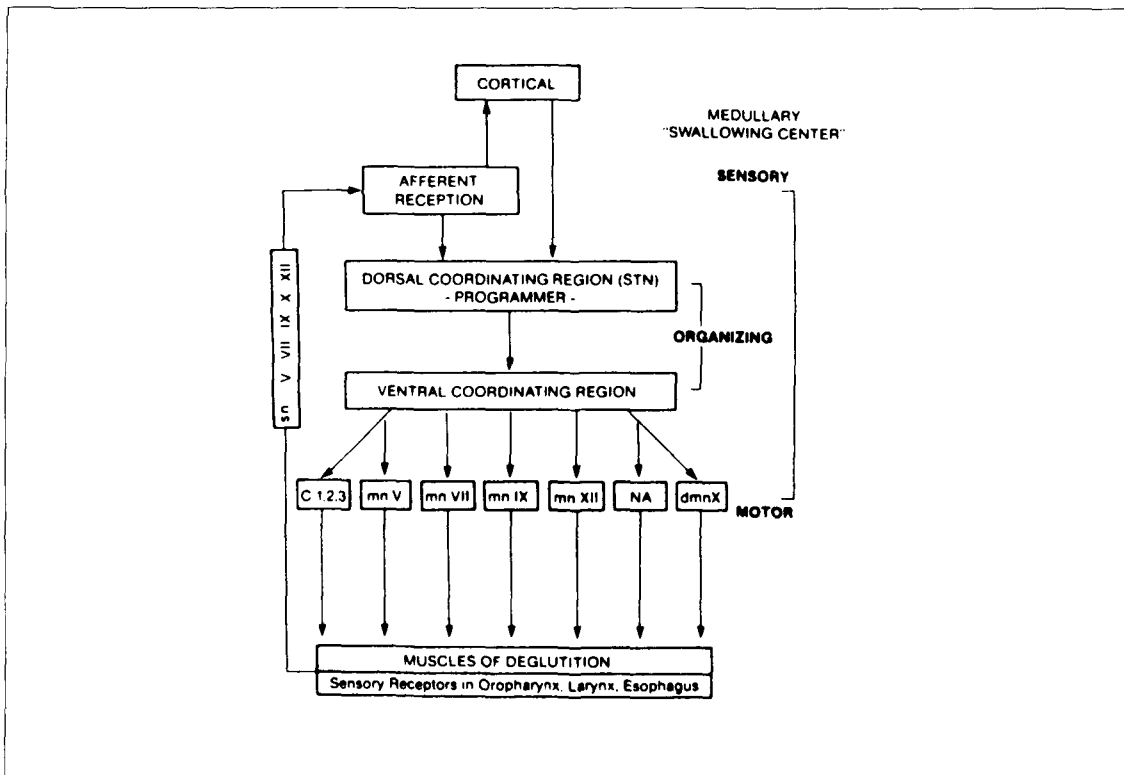


Fig. 8. Diagram representing the central organization of swallowing. STN=solitary tract nucleus; MN=motor nucleus; NA=nucleus ambiguus; DMNX=dorsal motor nucleus of vagus; C=cervical; sn=sensory nerve.

사에 의해 생리적으로 가장 정확하게 증명되는 부위로서 LES의 가장 말단부위라고 경계를 명시할 수 있다. 외과해부학적으로는 Angle of His처럼 보이기도 한다.

내시경으로 본 위식도접합부위(GEJ)는 횡격막의 상연에 의하여 함몰된 부위를 지칭할 수 있으며 위주름(gastric fold)의 최상경계선이 근육의 식도 위접합부위(muscular GE junction)와 아주 가깝다고 여겨 위주름의 상연을 내시경적 경계로 하자는 의견도 있다¹¹⁾.

② 점막위식도접합부위(mucosal GEJ) : 점막층에서 squamocolumnar junction은 주름진 라인으로서 조영검사로는 Z-line, ora serrata로 알려져 있다. 이 부위는 붉은 위점막의 작은 융기들로 구성되어 5mm의 길이와 3mm의 폭으로 나타난다. LES의 범주 안에 있기는 하지만 muscular GEJ 보다 1-2cm

상부에 위치하므로 식도의 하부 1-2cm (최대 3cm)는 분문부와 같은 원주상피로 되어 있는 것으로 보인다(Fig. 7).

(c) lower esophageal ring

정상인의 5-10%에서 LES의 상부와 하부에 작은 환상형의 림이 나타날 수 있으며, 상부가 lower muscular ring (type A ring)이고 하부가 lower mucosal ring(type B ring, Schatzki's ring)이다.

3) 신경지배

① LES에는 다른 부위와는 달리 신경지배와는 관계없이 독립적으로 항상 긴장성 수축을 하고 있는 근원성의 능력(myogenic property)이 있는데, 특이한 칼슘운송시스템 및 지속적인 활동양상을 유지하는 전기극파를 갖고 있다¹⁶⁾.

② 내인성 신경지배계(intrinsic innervation sys-

Table 3. Factors Influencing LES Pressure

	INCREASE	DECREASE
Hormones	Gastrin Motilin Substance P	Secretin Cholecystokinin Glucagon Somatostatin Gastric inhibitory polypeptide(GIP) Vasoactive intestinal polypeptide(VIP)
Neural agents	α -Adrenergic agonists β -Adrenergic antagonists Cholinergic agonists	β -Adrenergic agonist α -Adrenergic antagonist Anticholinergic agents
Foods	Protein meals	Fat Chocolate Ethanol Peppermint
Other	Histamine Antacids Metochlopramide Domperidone Prostaglandin(F2 α) Coffee Migrating motor complex Raised intra-abdominal pressure	Theophylline Caffeine Gastric acidification Smoking Pregnancy Prostaglandins(E2, 12) Serotonin Meperidine, morphine Dopamine Calcium-blocking agents Diazepam Barbiturates

tem)가 있어 신경절세포들이 점막하신경총(Meissner's plexus)과 근층간신경총(Auerbach's plexus)을 형성하고있다.

③ 외인성 신경지배계(extrinsic innervation system)는 뇌간에 있는 연하중추의 배측운동핵에서 오는 부교감신경이 미주신경을 통해 오고 척수에서 오는 교감신경이 함께 신경총을 이루어 분포하고 있다.

4) 기능

음식물이 통과하도록 이완이 일어나고 평소에는 높은 압력을 유지하여 위식도 역류를 방지하는 기능을 갖고 있다.

5) 생리적 조절기전

평소에는 수축상태에 있지만 하부괄약근의 이완에는 미주신경이 관여하며 연하중추에 의해 유도된 일차연동에 의하고 비콜린성 비아드레날린성 신경세포의 지배에 의한다. 여기에는 여러 종류의 신경전달물질이 관여하는 것으로 보인다. 수축은 후신경절콜린성 신경세포에 의한다. 국소자극에 의해서도 이완이 일어나는데 식도 확장이나 pH의 감소로 유발되는 이차연동으로서 미주신경과는 관계가 없는 것으로 보인다(Fig. 8).

연하와 관계없이 일시적으로 일어나는 이완은 생리적 현상으로서 기전은 불분명하나, 위의 팽창이 발생빈도를 증가시키는 것으로 보아 미주신경을 통한 구심원심미주신경로(vagovagal pathway)

SMOOTH MUSCLE (Esophageal Body and LES)

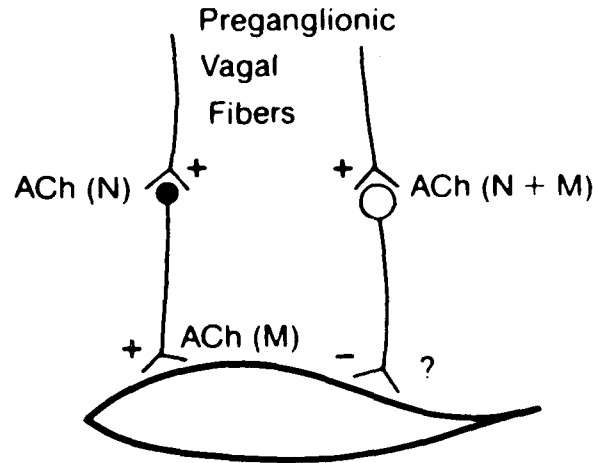


Fig. 9. Major known motor innervation of the smooth muscle esophagus. Interneurons, adrenergic innervation, and other possible neurotransmitters are not shown because the circuitry is not known, other than a modulatory role is not established for adrenergic supply, and the functional role of other putative neurotransmitters is unclear. ●=excitatory neurone; ○, inhibitory neurone; Ach=acetylcholine; N=nicotinic; M=muscarinic

와 관련이 있는 것으로 생각하고 있다¹⁵⁾. 이외에도 여러 호르몬들도 중요한 역할을 하는 것으로 보인다(Table 3).

6) 식도하부괄약근부위에서 종합적 의견
다음의 여러 사항들이 모여 하부 괄약근의 기능과 역할을 하는 것으로 생각할 수 있다.

- ① 식도가 위로 만나며 이루는 각(angle)
- ② 횡격막의 우측 각(crus)이 식도를 둘러싼 부위
- ③ GEJ에서 위점막의 주름(folds of gastric mucosa)이 valve역할
- ④ 식도 말단부에서 환상근육층(circular muscle layer)이 생리적 괄약근 역할을 담당
- ⑤ 복강내의 양압이 식도를 압박 (compression of esophagus)
- ⑥ 압력의 차이(pressure gradient differences)

⑦ 여러 종류의 호르몬의 작용 (gastrin은 괄약근부위를 수축시키고 CCK, secretin, glucagon은 약화시킨다)

⑧ 신경작용(neural action)

IV. 맺음말

1. 식도는 해부학적으로 서로 다른 두 종류의 근육으로 구성되어 있고, 기능적으로는 상부식도괄약근, 식도본체 그리고 하부식도괄약근의 세 부분으로 구분할 수 있다.

2. 수의적 및 불수의적 조절기전과 두 종류의 근육들이 밀접하게 통합조정되는 기능적인 이 세 부위는 중추신경계와 더불어 말초에 존재하는 조절기전에 의해 전체적으로 통합조정된다.

3. 하부의 50-60%는 전체가 평활근으로 구성되어 있다.

4. 식도운동은 연하중추의 조절에 의하여, 식도에서 감각은 미주신경을 통해 전달되지만 척수로 들어가는 교감신경계에도 감각을 전달하는 경로가 있다.

5. 미주신경은 의핵(疑核, nucleus ambiguus)과 배측운동핵(背側運動核, dorsal motor nuclei)으로 부터 나와 횡문근, 평활근에 분포하고 괄약근을 지배하게된다. 두 근육 모두에 근층간신경총 이 있으며 특히 평활근에는 두개의 중요한 원심성 신경세포가 있는데 흥분성 콜린성 신경세포 (cholinergic neurone)와 억제성 비아드레날린, 비콜린성 신경세포(nonadrenergic non-cholinergic neurone)가 있다(Fig. 9).

6. 횡문근의 수축은 중추조절기전에 의해 통합조정되며 미주신경이 관여한다.

7. 평활근에서의 연동운동은 연하중추로부터 나오는 원심성 운동섬유, 자극의 시작과 자극이 끝날 무렵 늦게 나타나 연동운동을 유발하는 근육내 신경기전에 의해 이루어지며 이는 근육에서 전파하는 수축이 있음을 의미한다.

8. 연하로 유발되는 연동운동은 콜린성이고 콜린 신경에 의한다. 중추조절기전은 평활근에서 연동운동의 시작과 조절에 많은 영향을 미친다. 하부식도 괄약근에 유지되는 긴장은 콜린성이고 많은 억제와 흥분의 영향사이에서 균형을 이룸으로서 이루어진다. 연하에 의해 이완이 일어나는 것은 NANC inhibitory neurone에 의해 괄약근의 긴장성 신경흥분을 억제함으로써 일어난다.

References

1. Bershof JF, Sullivan P : *Anatomy and Physiology. Ear, Nose and Throat journal*, 63 : 10-20, 1984
2. Clemente CD : *The Esophagus. In Gary's Anatomy, 13Ed, Philadelphia, Lea & Febiger, pp1446-1448, 1985*
3. Code CF, Schiefel JF : *Motor Action of the esophagus and its sphincters. In Handbook of Physiology, Baltimore, Waverly Press, pp1821-1839, 1968*
4. DeNardi FG, Riddell RH : *The Normal Esophagus. The American Journal of Surgical Pathology* 15(3) : 296-309, 1991
5. Diamant NE : *Physiology of Esophageal Motor Function. In Gastroenterology Clinics of North America, Philadelphia, W. B. Saunders company, pp179-194, 1989*
6. Hollwarth M, Uray E : *Physiology and Pathophysiology of the Esophagus in Childhood. Progress in Pediatric Surgery* 18 : 1-13, 1985
7. Hyman PE : *Gastroesophageal reflux : One reason why baby won't eat. J Pediatr* 125 : S103-109, 1994
8. Kahrilas PJ et al : *Effect of Sleep, Spontaneous Gastroesophageal Reflux, and a Meal on Upper Esophageal Sphincter Pressure in Normal Human Volunteers. Gastroenterology* 92 : 466-471, 1987
9. Lang IM, Shaker R : *An Update on the Physiology of the Components of the Upper Esophageal Sphincter. Dysphagia* 9 : 229-232, 1994
10. Logemann JA : *Swallowing Physiology and Pathophysiology. In Otolaryngologic Clinics of North America, Philadelphia, W. B. Saunders company, 613-623, 1988,*
11. Meeiros LJ, Doos WG, Balogh K : *Esophageal intramural pseudodiverticulosis : A report of two cases with analysis of similar, less extensive changes in normal autopsy esophagi. Hum Pathol* 19 : 928-931, 1988
12. Meyer GW et al : *Muscle Anatomy of the Human Esophagus. J Clin Gastroenterol* 8(2) : 131-134, 1986
13. Peters JH, DeMeester TR : *Gastroesophageal reflux. In Surgical Clinics of North America, Philadelphia, W. B. Saunders company, pp 1119-1144, 1993*
14. Schechter GL : *Stress is the most likely cause, but do a complete work-up when*

- your patient complains 'Doctor, I can't swallow. The Journal of respiratory disease 6(8) :45-58, 1985*
15. Sugarbaker DJ, Kearney DJ, Richards WG : *Esophageal physiology and pathophysiology. In Surgical Clinics of North America, Philadelphia, W. B. Saunders company, pp 1101-1118, 1993*
 16. Weinstock LB, Clouse RE : *Esophageal Physiology : Normal and Abnormal Motor Function. The American Journal of Gastroenterology 82 :399-405, 1987*
 17. Zenilman ME : *Origin and control of gastrointestinal motility. In Surgical Clinics of North America, Philadelphia, W. B. Saunders company, pp 1081-1099, 1993*